

Farhang Madjidi

1960

Aus dem Hygiene-Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Prof. Dr. med. H. Kliewe)

DIE FUNGIZIDE WIRKUNG
VON GASFÖRMIGEM AETHYLENOXYD

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Johannes Gutenberg-Universität
Mainz

vorgelegt von
FARHANG MADJIDI
aus Teheran / Iran

Mainz 1960

Dekan: Prof. Dr. Dr. M. Herrmann
Referent: Prof. Dr. Th. Lammers
Korreferent: Prof. Dr. H. Kliewe
Tag der mündlichen Prüfung: 20. Juli 1960

Datum des Diploms: 27. Juli 1960



GESAMTHERSTELLUNG
DITTERS BÜRODIENST . MAINZ, Augustinerstraße 64-66

I N H A L T

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. DESINFEKTION UND ABTÖTUNG VON PILZEN	1
III. PROBLEME BEI DER VERWENDUNG VON AETHYLENOXYDGAS ZUR PILZBEKÄMPFUNG	2
1. Brennbarkeit und Toxizität von Aethylenoxyd	2
a) Brennbare und unbrennbare Gasgemische	2
b) Zur Toxizität von Aethylenoxyd	3
2. Hautreizungen durch Aethylenoxyd	5
IV. DIE FUNGIZIDE WIRKUNG VON GASFÖRMIGEM AETHYLENOXYD	6
1. Literaturangaben über die fungizide Wirkung von gasförmigem Aethylenoxyd	6
2. Die Entkeimung mit Pilzen infizierter Materialien bei Verpackung in Folienbeuteln	7
a) Versuchsanordnung	7
b) Versuchsergebnisse	8
V. DIE PRAKTISCHE BEDEUTUNG DER FUNGIZIDEN WIRKUNG GERINGER AETHYLENOXYD-GASKONZENTRATIONEN	15
VI. ZUSAMMENFASSUNG	15
VII. SCHRIFTTUM	16
VIII. LEBENS LAUF	19



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554416_0077

I. EINLEITUNG

Aethylenoxyd hat in jüngerer Zeit eine immer grösser werdende Bedeutung als keimtötendes Gas erhalten. In Konzentrationen von etwa 800 mg/l wirkt es als Gas bei kurzen Einwirkungszeiten sterilisierend, wobei durch Überdruck eine raschere und sichere Wirkung erreicht wird (11). In geringen Konzentrationen tötet das Gas noch bei längeren Einwirkungszeiten vegetative Keime ab, so dass es zur Desinfektion von Bettzeug bei Staphylokokken-Hospitalismus empfohlen wurde (12). Dabei wird das infizierte Bettzeug in gasdichten Folienbeuteln eingeschweisst, die anschliessend mit einer nicht brennbaren Gasmischung von Aethylenoxyd und Kohlensäure prall gefüllt werden. Der besondere Vorteil dieses Verfahrens einer anderen Gaskammer gegenüber liegt darin, dass sich eine Evakuierung der mit dem Material gefüllten Beutel erübrigt, da durch das Aufblähen der Beutel genügend Gas zusätzlich eingefüllt werden kann. Schon ein Anteil von etwa 30% des Gases an dem Gas-Luftgemisch und damit eine Konzentration von etwa 5% Aethylenoxyd reichte aus, um Staphylokokken im Bettzeug innerhalb von 24 - 36 Stunden sicher abzutöten. Aufgabe der vorliegenden Untersuchungen war es, die fungizide Wirkung derartig geringer Aethylenoxyd-Gaskonzentrationen zu prüfen und die Möglichkeiten der Verwendung von Aethylenoxyd zur Pilzbekämpfung zu erörtern.

II. DESINFEKTION UND ABTÖTUNG VON PILZEN

Die thermische Resistenz der Sporen von Pilzen liegt zwischen der von Bazillensporen und vegetativen Formen von Bakterien. Gegen chemische Desinfektionsverfahren können verschiedene Pilze eine unterschiedliche Resistenz besitzen; so dass eine Abtötung vegetativer Bakterien nicht unbedingt auch eine Abtötung von Pilzen und Pilzsporen bedeutet. Da die Desinfektion von Materialien in Folienbeuteln durch Begasung mit Aethylenoxyd vor allem zur Desinfektion von Bettzeug eine praktische Verwendung finden sollte, war auch die Abtötung von Pilzen durch das Gasgemisch von Bedeutung. Denn von üblichen Polstermaterialien werden neben anorganischen auch organische und organisierte Stäube abgegeben, welche die Gesundheit des Menschen nicht nur durch die Verbreitung von Infektionserregern, sondern auch durch Sensibilisierung beeinträchtigen können (9). Während organischer Staub aus dem Zerfall des Füllmaterials resultiert, welches pflanzlichen oder tierischen Ursprungs ist, bezeichnen wir als organisierten Staub nicht nur Milbenstaub und Bakterien sondern auch Pilzsporen. In Matratzen aus Seegras, Kapok, Federn oder Rosshaar wuchern gerne Pilze, z. B. der *Aspergillus fumigatus*. Von

diesen Pilzen beziehen wiederum Milben ihre Nahrung, so dass wir letztere zusammen mit Pilzen gelegentlich massenhaft in Matratzen antreffen. So besitzt für eine Sensibilisierung des Menschen der Pilzbefall des Füllmaterials von Matratzen und anderen Polstermaterialien eine grosse Bedeutung; wichtig ist darum, dass ein Desinfektionsverfahren für Matratzen und Polstermöbel auch Schimmelpilze erfasst (9).

Die Anwendung von Aethylenoxyd-Gas zur Desinfektion infizierter Materialien besitzt der Anwendung von Formaldehyd-Dämpfen gegenüber den Vorteil der grösseren Tiefenwirkung (10). Eine derartige Tiefenwirkung ist bei der Abtötung von Hautpilzen bedeutsam, die bei Fusspilzkrankungen in Schuhen und an Strümpfen haften. So ergab sich weiterhin die Frage, ob die Desinfektion von infizierten Schuhen und Strümpfen gegen Hautpilze ebenso, wie die Desinfektion von mit Staphylokokken infiziertem Bettzeug, durch Begasung der Schuhe und Strümpfe nach Verpackung in Folienbeutel mit Aethylenoxyd möglich ist. Auf die Problematik der Fusspilzkrankungen und die Bedeutung sog. Fusspilze für derartige Infektionen kann hier nicht näher eingegangen werden. Wichtig dagegen waren Fragen der Materialschädigung und Hautreizungen durch Aethylenoxyd, das sich in dem begasten Material möglicherweise anreichert.

III. PROBLEME BEI DER VERWENDUNG VON AETHYLENOXYD-GAS ZUR PILZBEKÄMPFUNG

Eine Verwendung von Aethylenoxyd zur Pilzbekämpfung in Polstermaterialien, ferner in Schuhen und Strümpfen verlangte zunächst die Klärung folgender Fragen:

Spieren Brennbarkeit und Toxizität des Gases unter praktischen Bedingungen eine Rolle? Können Hautschädigungen durch Aethylenoxyd resultieren, das sich bei Begasung in dem Material möglicherweise angereichert hat?

Blieben wir zunächst einmal bei der Brennbarkeit und Toxizität des Gases.

1.) Brennbarkeit und Toxizität von Aethylenoxyd

a) Brennbare und unbrennbare Gasgemische

Aethylenoxyd ist in flüssiger Form in Stahlflaschen im Handel. Bei gewöhnlicher Temperatur ist es ein Gas, welches mit Luft vermischt, zwischen 3 und 80 Vol. % hochexplosiv ist. Mit Wasser ist es ebenfalls leicht mischbar, aber selbst eine 5% wässrige Lösung ist noch brennbar (3). Im Handel sind folgende Gasgemische erhältlich (Tab. 1).

Tab. 1: Äthylenoxyd-Gasgemisch

Handelsname	Hersteller	C_2H_4O	Inertgas	Eigenschaft	Sterilisationsdruck
		%	%		
T-Gas	Deutsche Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung mbH Frankfurt a/M	90	10 CO_2	explosiv, jedoch bei Herabsetzung des Druckes auf 40 Torr nicht brennbar	40 Torr
Etox	London Fumigation Co. Ltd. London				
Cartox	Deutsche Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung mbH Frankfurt a/M	10	90 CO_2	nicht brennbar	1,7 atü
Carboxide	Union Carbide and Carbon Corp., New York 17, N. Y.				
Sterivit-Gas	Sterivit GmbH Mainz a/Rhein	max. 12,5	min. 87,5	nicht brennbar	3-6 atü
Cry-Oxide	American Sterilizer Co. Erie, Penn.	11	44,5 CCL_2F_2	nicht brennbar	0,35 - 1,2 atü
	USA		44,5 CCL_3F		

Wie aus der Tab. 1 hervorgeht, sind T-Gas und ETOX bei Weiterverdünnung mit Luft brennbar, während die übrigen Gasgemische in jeder beliebigen Menge mit Luft vermischt werden dürfen, ohne dass ein entzündbares Gasgemisch sich ergibt. Letzte sind folglich ohne die Gefahr von Explosionen zur Begasung gegen Pilze brauchbar.

b) Zur Toxizität von Äthylenoxyd

Nach Sexton and Henson (19) beträgt die orale LD_{50} für Ratten 330 mg/kg und Meerschweinchen 270 mg/kg. Die Resultate von Inhalationsversuchen sind in der Tab. 2 angeführt.

Tab. 2: Toxizität des Aethylenoxyds im Inhalationsversuch

Tierart	C_2H_4O mg/l im Inhalationsraum	Inhalationsdauer	Effekt	Autor
Maus	8-25	30 Min.	letal	22
	8	1 Std.		5
	2	5 Std.		22
	2	7 Std. 20 Min. (mit Unterbrüchen)		22
	2	1 Std.	nicht letal	22
	0,5	19 Std.		5
	216	6 Min.		20
Ratte	20-25	30 Min.	letal	22
	8	1 Std.		5
	2	8 Std.		5
	59	8 Min.		20
	2	5 Std.	z. T. letal	5 u. 22
	59	4 Min.		20
	8	30 Min.		22
	2	7 Std. 20 Min. (mit Unterbrüchen)	nicht letal	22
	2	1 Std.		5
	0,5	19 Std.		5
Meer- schwein- chen	90-180	5 Min. (approx.)	letal	21
	1	22 Std.		5
	25	30 Min.		22
	6-11	30-60 Min.	z. T. letal	21
	4	4 Std.		5
	0,5	48 Std.		5
	2-20	30 Min.		22
	8	1 Std.		5
	2	8 Std.	nicht letal	5
	1	16 Std.		5
	0,5	48 Std.		5

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der in der Tab. 2 angeführten Inhalationsversuche wird von Negerbon (15) eine Konzentration von 50 000 - 100 000 Raumteile Gas in 10^6 Raumteile Luft als tödlich für den Menschen angegeben, während 3 000 Raumteile Gas bei einer Inhalationsdauer von 60 min als Toleranzgrenze angesehen werden. Sexton and Henson (19), Cantzler (3) und Negherbon (15) geben übereinstimmend die maximal erlaubte Arbeitsplatzkonzentration mit 100 Raumteilen Gas in 10^6 Raumteilen Luft an.

Nach Sexton and Henson (19) sind bis heute nur 2 Zwischenfälle mit gasförmigem Aethylenoxyd bekannt geworden:

Beim Begasen von Schiffsräumen mit Carboxide trat bei 6 Männern Übelkeit auf.

In einem Lebensmittelbetrieb in Kalifornien, in welchem Aethylenoxyd zu Sterilisationszwecken gebraucht wurde, konnten bei 10 Arbeiterinnen starke Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen und Schleimhautreizungen beobachtet werden. Ein bleibender Schaden wurde nicht festgestellt.

Bedenken wir nun, dass Aethylenoxyd in grossem Masse zur Schädlingsbekämpfung angewendet wird, so ist die geringe Zahl der Zwischenfälle erstaunlich. Sie erklärt sich damit, dass die reizende Wirkung des Gases auf Schleimhaut akuten Vergiftungen entgegensteht (12) und chronische Vergiftungen mit diesem reagiblen Körper unbekannt sind. Die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt Luzern nennt für Aethylenoxyd einen Giftwert von 25 ppm; verglichen am sog. Giftschwellenwert, ist Aethylenoxyd 4 - 5 mal weniger toxisch als Formaldehyd (18).

Dennoch sollte die Toxizität von Aethylenoxyd in der Praxis nicht ausseracht gelassen werden, weil minimale Mengen von Aethylenoxyd in der Raumluft nicht mehr an dem charakteristischen süß-aetherischen Geruch erkennbar sind und hier die Warnwirkung durch Schleimhautreizung wegfällt. Aus diesen Gründen sollte für eine genügende Lüfterneuerung in Räumen, in denen mit Aethylenoxyd begaste Materialien gelagert werden, gesorgt sein.

2.) Hautreizungen durch Aethylenoxyd

Aethylenoxyd stellt ein allgemeines Protoplasmagift dar, das neben allgemein narkotischen Wirkungen eine lokale Reizwirkung auf Haut und Schleimhaut besitzt. Nach Sexton and Henson (19) wurde beim Menschen durch direkten Kontakt mit einer 1% wässrigen Aethylenoxyd-Lösung während 15 min bis 3 Stunden an den Kontaktstellen Hautverbrennungen bewirkt, gleich-

zeitig trat Übelkeit und Erbrechen auf. Die Schwere der Symptome stand in direktem Zusammenhange zur Grösse der Intoxikation. Diese Beobachtungen waren vor allem für die Begasung von Schuhwerk bedeutsam, weil Aethylenoxyd in Gummi, Leder und Kunststoffen sich löst und im behandelten Material eine Zeitlang haften kann. So konnte von Reddish (17) in Gummi sofort nach der Behandlung noch 4% Aethylenoxyd nachgewiesen werden, 24 Stunden später war das Gas jedoch analytisch nicht mehr nachweisbar. Derselbe Autor berichtet, dass Fussverbrennungen bei Laborpersonal beobachtet wurden, welches Gummischuhe 1 Stunde nach beendeter Sterilisation getragen hatte. Beard and Dunmire (1) sterilisierten Lederschuhe mit C¹⁴-markiertem Aethylenoxyd und fanden, dass einige Stunden nach der Behandlung im Leder noch Aethylenoxyd haftete.

IV. DIE FUNGIZIDE WIRKUNG VON GASFÖRMIGEM AETHYLENOXYD

Wir hatten es uns zur Aufgabe gestellt, die fungizide Wirkung relativ geringer Aethylenoxyd-Gaskonzentrationen bei Einwirkungszeiten bis zu mehreren Tagen zu prüfen. Ziel unserer Untersuchungen war die Klärung der Frage, ob das von Lammers und Mitarbeitern (12) angegebene Verfahren der Desinfektion von Bettzeug bei Staphylokokken-Hospitalismus mit Aethylenoxyd auch auf die Abtötung von Schimmelpilzen und die Entseuchung bei Fusspilzinfektionen ausgedehnt werden kann.

1. Literaturangaben über die fungizide Wirkung von gasförmigem Aethylenoxyd

Die fungizide Wirkung von Aethylenoxyd wurde nach Literaturangaben nur bei Konzentrationen über 200 mg/l Aethylenoxyd geprüft. So berichtet Kaye, Irminger and Phillips (7), dass durch eine Konzentration von 475 mg/l bei einer Temperatur von 25°C der *Aspergillus tamarii* innerhalb von 3 Stunden abgetötet wurde. Nach Rauscher (16), Friedl (6) u.a. wird das *Oidium lactis* durch eine Konzentration von 350 mg/l Aethylenoxyd innerhalb von 4 Stunden bei 25°C und *Penicillium glaucum*, ferner *Aspergillus niger* in gleicher Zeit und bei gleicher Temperatur durch 250 mg/l Aethylenoxyd abgetötet. Der *Mucor mucedo* erwies sich als resistenter, er benötigte eine Konzentration von 350 mg/l. Aus Untersuchungen über die Sterilisation von Tabak, Gewürzen, Antibiotika und Trockeneipulver, die von den verschiedensten Autoren durchgeführt worden sind (4, 8, 13, 14 u.a.), geht indirekt hervor, dass Konzentrationen über 250 mg/l Aethylenoxyd

innerhalb von 3 - 8 Stunden fungizid wirken. Niedrigere Konzentrationen wurden bisher gegen Pilze nicht geprüft.

2. Die Entkeimung mit Pilzen infizierter Materialien bei Verpackung in Folienbeuteln

Für unsere Untersuchungen wählten wir folgende Versuchsanordnung.

a) Versuchsanordnung:

Die Folienbeutel bestanden aus der auf Kunststoffbasis entwickelten Verbundfolie, die sich aus Hostaphan, einer Polyterephthalsäureester-Folie und Hochdruckpolyäthylen zusammensetzt. Durch die Polyäthylenbeschickung wird Hostaphan schweiss- und siegelfest, so dass die Beutel bei Siegeltemperaturen zwischen +135 bis +180°C leicht (schon mit Hilfe eines regulierbaren Bügel-eisens) verschlossen werden können. Die verschlossenen Beutel sind praktisch dicht für Äthylenoxyd. Die Folie wurde bereits von Lammers und Mitarbeiter näher beschrieben (12).

Als Keimunterlagen wählten wir:

- 1.) Polstermaterial (Rosshaar, Seegras)
- 2.) Leder (Lederschuhe)
- 3.) Gummi (Gummischuhe, mit Leinen ausgekleidet)
- 4.) Gewebe (Nylon, Wolle, Baumwolle)

Als Gasmisch verwendeteten wir das Sterivit-Gas, das ca. 15% Äthylenoxyd enthält.

Als Testkeim benutzten wir:

- 1.) Schimmelpilze: *Aspergillus flavus* und
Aspergillus niger;
Penicillium glaucum und
Penicillium notatum;
Mucor mucedo.
- 2.) Sprosspilze: *Saccharomyces cerevisiae*
(Bierhefe),
Candida albicans.
- 3.) Hautpilze: *Epidermophyton Kaufmann-Wolf*,
Trichophyton gypseum.

Die Infektion der Keimunterlagen erfolgte durch Einlegung von 1 cm³ grossen

Stückchen des jeweiligen Materials in Suspensionen des Testkeimes. Beim Polstermaterial benutzten wir 5 cm lange Materialfäden.

Da es sich in Vorversuchen gezeigt hatte, dass eine Antrocknung der Testkeime mit Nährlösungen an den Keimträger die Resultate durch die inkrustierte Nährlösung erheblich verschlechtert, ferner bekannt ist, dass Salzlösungen Aethylenoxyd inaktivieren, stellten wir Suspensionen unserer Testkeime in Aqua dest. her. Dabei gingen wir so vor, dass wir den Pilzrasen eines Schrägagarröhrchens mit Aqua dest. abschwemmten, durch Schütteln mit Glasperlen homogenisierten und mit Aqua dest. auf 50,0 ml auffüllen.

Den Desinfektionserfolg überprüften wir nach unterschiedlich langen Lagerzeiten bei Zimmertemperatur ($+20^{\circ}\text{C}$).

Um die Absterbegeschwindigkeit der Testkeime grob zu erfassen, wurde das Materialstückchen mit 1,0 ml physiologischer Kochsalzlösung 5 min lang ausgeschüttelt und 0,1 ml dieser Flüssigkeit auf der Oberfläche fester Nährböden verarbeitet. In der Abnahme der Zahl der nach Bebrütung gewachsenen Kolonien des Testkeimes spiegelte sich die keimtötende Wirkung des Gas-Luftgemisches wider. Ein weiteres Materialstückchen gaben wir direkt in eine flüssige Kultur (Anreicherungsverfahren). Hier bedeutet ein Ausbleiben des Wachstums nach Bebrütung eine Abtötung sämtlicher Testkeime.

Als festen Nährboden verwendeten wir den Nährboden nach Grütz, welcher nach Erfahrungen von Benedek das Milieu d' épreuve von Sabouraud vollständig ersetzt (2):

Pepton Knoll	5,0 g
Nervina Malz	80,0 g
Agar-Agar	18,0 g
Aqua dest. ad	1000,0 g

Den gleichen Nährboden verwendeten wir ohne Zusatz von Agar-Agar als Anreicherungsverfahren.

b) Versuchsergebnisse

Die Ergebnisse an mit Pilzen infizierten Polstermaterialien sind in der Tabelle 3 wiedergegeben.

Überblicken wir die in der Tabelle 3 angeführten Ergebnisse, so können wir feststellen, dass durch Aethylenoxyd-Konzentrationen von etwa 100 mg/l Pilze abgetötet werden. Hautpilze waren erheblich empfindlicher dem Aethy-

lenoxyd gegenüber als Schimmelpilze. Während Hautpilze (Epidermophyton Kaufmann-Wolf, Trichophyton gypseum) nach 12 - 24 stg. Einwirkung

Tab. 3: Abtötung von Pilzen an Polstermaterialien durch Aethylenoxyd bei Zimmertemperatur (Zahl gewachsener Kolonien des Testkeimes)

Inhalt des Folienbeutels: ca. 6 l

Aethylenoxydkonzentration: ca. 100 mg/l

Material	Testkeim	Einwirkungszeit in Stunden:				Keimzahlkon- trolle nach 48 stg. Lage- rung ohne Aethylenoxyd- Anwendung
		12	24	36	48	
Rosshaar	Penic. glaucum	10 (+)	1 (+)	- (-)	- (-)	>25
	" notatum	8 (+)	3 (+)	1 (+)	- (-)	>25
	Asperg. flavus	3 (+)	2 (+)	- (+)	- (-)	>25
	" niger	18 (+)	6 (+)	4 (+)	1 (+)	>25
	Mucor mucedo	> 25 (+)	14 (+)	6 (+)	4 (+)	>25
	Saccharomyces cerivisiae	4 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	>25
	Candida albicans	1 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	>25
	Epidermophyton Kaufmann-Wolf	5 (+)	- (-)	- (-)	- (-)	>25
	Trichophyton gypseum	- (+)	- (-)	- (-)	- (-)	>25
Seegras	Penic. glaucum	3 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	>25
	" notatum	1 (+)	- (-)	- (-)	- (-)	>25
	Asperg. flavus	5 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	>25
	" niger	13 (+)	3 (+)	- (-)	- (-)	>25
	Mucor mucedo	21 (+)	11 (+)	4 (+)	- (+)	>25
	Saccharomyces cerivisiae	1 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	>25
	Candida albicans	2 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	>25
	Epidermophyton Kaufmann-Wolf	- (+)	- (-)	- (-)	- (-)	>25
	Trichophyton gypseum	1 (+)	- (-)	- (-)	- (-)	>25

() = Ergebnisse des Anreicherungsverfahrens

nur noch mit Anreicherungsverfahren am Rosshaar bzw. Seegras nachgewiesen werden konnten, benötigte die Abtötung sämtlicher Schimmelpilze Einwirkungszeiten von 2 - 4 Tagen bei 20°C. Die Resistenz von Sprosspilzen lag zwischen der von Haut- und Schimmelpilzen.

Unsere Ergebnisse an Lederstückchen (ca. 1 cm² gross), die mit einem ganzen Schuh in einem 6 l Beutel begast wurden, sind in der Tabelle 4 angeführt.

Tab. 4: Abtötung von Pilzen an Leder

Aethylenoxyd-Konzentration: ca. 100 mg/l

Infizierte Materialstückchen mit 1 Schuh in einem 6 l Folienbeutel verpackt (Zahl gewachsener Kolonien des Testkeimes)

Einwirkungszeit in Stunden:		12	24	36	48	Keimzahlkontrolle nach 48 stg. Lagerung ohne Aethylenoxyd-Anwendung
Material	Testkeim					
Leder	Penic. glaucum	9 (+)	2 (+)	- (+)	- (-)	> 25
	" notatum	7 (+)	1 (+)	- (+)	- (+)	> 25
	Asperg. flavus	4 (+)	3 (+)	1 (+)	- (-)	> 25
	" niger	15 (+)	4 (+)	2 (+)	1 (+)	> 25
	Mucor mucedo	24 (+)	13 (+)	7 (+)	3 (+)	> 25
	Saccharomyces cerivisiae	5 (+)	1 (+)	- (-)	- (-)	> 25
	Candida albicans	2 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	> 25
	Epidermophyton	4 (+)	1 (-)	- (-)	- (-)	> 25
	Kaufmann-Wolf					
	Trichophyton gypseum	1 (+)	- (-)	- (-)	- (-)	> 25

() = Ergebnisse des Anreicherungsverfahrens

Leder als Keimunterlage verhielt sich wie Rosshaar und Seegras. Auch hier wurden Hautpilze erheblich rascher durch Aethylenoxyd abgetötet als Schimmelpilze.

Um die Abtötung von Pilzen an Gummischuhen durch Aethylenoxyd zu prüfen,

untersuchten wir nicht nur infizierte Gummistückchen, die mit einem Gummischuh in einem Beutel von 6 l Inhalt verpackt worden waren, sondern prüften auch die Wirkung des Gases auf eine infizierte Leinenauskleidung, aus der ca. 1 cm² grosse Stückchen ausgeschnitten und infiziert wurden.

Die Ergebnisse der Tab. 5 besagen, dass durch gasförmiges Äthylenoxyd in einer Konzentration von etwa 100 mg/l Schimmelpilze innerhalb von 2 Tagen bei Zimmertemperatur nicht abgetötet werden. Eine deutliche Keimreduktion, die in Abhängigkeit von der Einwirkungszeit war, sahen wir dagegen auch an Gummi bei Sprosspilzen (*Saccharomyces cerevisiae* und *Candida albicans*). Hautpilze (*Epidermophyton Kaufmann-Wolf* und *Trichophyton gypsum*) dagegen wurden durch die geringen Konzentrationen des gasförmigen Äthylenoxyd ebenfalls abgetötet. Hier genügten bereits Einwirkungszeiten von 24 Stunden bei Zimmertemperatur.

An der Leinenauskleidung der Gummischuhe dagegen starben innerhalb von 2 Tagen nicht nur Haut- und Sprossenpilze, sondern auch Schimmelpilze ab.

Tab. 5: Abtötung von Pilzen an Gummischuhen
(Zahl gewachsener Kolonien des Testkeimes)

Material	Testkeim	Einwirkungszeit in Stunden:				Keimzahlkontrolle nach 48 stg. Lagerung ohne Äthylenoxyd- Anwendung
		12	24	36	48	
Gummi	Penic. glaucum	>25 (+)	>25 (+)	>25 (+)	>25 (+)	>25
	Penic. notatum	>25 (+)	>25 (+)	>25 (+)	>25 (+)	>25
	Asperg. flavus	>25 (+)	>25 (+)	>25 (+)	>25 (+)	>25
	Asperg. niger	>25 (+)	>25 (+)	>25 (+)	>25 (+)	>25
	Mucor mucedo	>25 (+)	>25 (+)	>25 (+)	>25 (+)	>25
	Saccharomyces cerevisiae	>25 (+)	15 (+)	10 (+)	4 (+)	>25
	Candida albicans	>25 (+)	4 (+)	3 (+)	1 (+)	>25
	Epidermophyton Kaufmann-Wolf	>25 (+)	1 (+)	- (-)	- (+)	>25
	Trichophyton gypsum	>25 (+)	- (-)	- (+)	- (-)	>25

Einwirkungszeit in Stunden:		12	24	36	48	Keimzahlkon- trolle nach 48 stg. Lage- rung ohne Aethylenoxyd- Anwendung
Material	Testkeim					
Leinen- ausklei- dung	Penic. glaucum	15 (+)	4 (+)	- (+)	- (-)	> 25
	Penic. notatum	12 (+)	6 (+)	1 (+)	- (-)	> 25
	Asperg. flavus	6 (+)	3 (+)	- (-)	- (-)	> 25
	Asperg. niger	22 (+)	8 (+)	4 (+)	- (-)	> 25
	Mucor mucedo	> 25 (+)	14 (+)	7 (+)	4 (+)	> 25
	Saccharomyces cerivisiae	6 (+)	2 (+)	- (-)	- (-)	> 25
	Candida albicans	3 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	> 25
	Epidermophyton	8 (+)	3 (+)	- (-)	- (-)	> 25
	Kaufmann-Wolf Trichophyton gypseum	3 (+)	1 (+)	- (-)	- (-)	> 25

() = Ergebnisse des Anreicherungsverfahrens

An Geweben aus Nylon, Wolle und Baumwolle erzielten wir die in der Tab. 6 angeführten Ergebnisse.

Tab. 6: Abtötung von Pilzen an Geweben durch gasförmiges Äthylenoxyd in einer Konzentration von 100 mg/l (Zahl gewachsener Kolonien des Testkeimes)

Material	Testkeim	Einwirkungszeit in Stunden:				Keimzahlkon- trolle nach 48 stg. Lage- rung ohne Äthylenoxyd- Anwendung
		12	24	36	48	
Nylon	Penic. glaucum	12 (+)	3 (+)	1 (+)	- (-)	> 25
	" notatum	8 (+)	2 (+)	- (+)	- (-)	> 25
	Asperg. flavus	3 (+)	1 (+)	- (-)	- (-)	> 25
	" niger	15 (+)	4 (+)	2 (+)	- (+)	> 25
	Mucor mucedo	23 (+)	12 (+)	5 (+)	2 (+)	> 25
	Saccharomyces cerivisiae	3 (+)	- (-)	- (-)	- (-)	> 25
	Candida albicans	1 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	> 25
	Epidermophyton Kaufmann-Wolf	6 (+)	- (-)	- (-)	- (-)	> 25
	Trichophyton gypseum	1 (+)	- (-)	- (-)	- (-)	> 25
Wolle	Penic. glaucum	6 (+)	2 (+)	- (-)	- (-)	> 25
	" notatum	2 (+)	- (-)	- (-)	- (-)	> 25
	Asperg. flavus	4 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	> 25
	" niger	12 (+)	3 (+)	- (-)	- (-)	> 25
	Mucor mucedo	20 (+)	10 (+)	3 (+)	- (+)	> 25
	Saccharomyces cerivisiae	2 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	> 25
	Candida albicans	2 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	> 25
	Epidermophyton Kaufmann-Wolf	4 (+)	- (-)	- (-)	- (-)	> 25
	Trichophyton gypseum	- (+)	- (-)	- (-)	- (-)	> 25

Fortsetzung der Tab. 6

Einwirkungszeit in Stunden:		12	24	36	48	Keimzahlkon- trolle nach 48 stg. Lage- rung ohne Aethylenoxyd- Anwendung
Material Testkeim						
Baum- wolle	Penic. glaucum	3 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	>25
	" notatum	1 (+)	- (-)	- (-)	- (-)	>25
	Asperg. flavus	5 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	>25
	" niger	18 (+)	6 (+)	2 (+)	- (-)	>25
	Mucor mucedo	24 (+)	15 (+)	7 (+)	1 (+)	>25
	Saccharomyces cerivisiae	4 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	>25
	Candida albicans	1 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	>25
	Epidermophyton Kaufmann-Wolf	- (+)	- (-)	- (-)	- (-)	>25
	Trichophyton gypseum	2 (+)	- (+)	- (-)	- (-)	>25

() = Ergebnisse des Anreicherungsverfahrens

An Geweben aus Wolle, Nylon und Baumwolle werden Pilze durch gasförmiges Aethylenoxyd innerhalb von 36 - 48 Stunden abgetötet.

Überblicken wir unsere in den Tabellen 3 - 6 angeführten Ergebnisse, so können wir feststellen, dass gasförmiges Aethylenoxyd bereits in einer Konzentration von ca. 100 mg/l fungizid wirkt. Während Hautpilze an Gummi durch die geringen Aethylenoxyd-Konzentrationen absterben, ist Gummi von Schimmelpilzen mit einem derartigen Gas nicht entkeimbar. Auch den anderen untersuchten Materialien erwiesen sich Schimmelpilze dem Aethylenoxyd gegenüber resistenter als Spross- und Hautpilze.

V. DIE PRAKTISCHE BEDEUTUNG DER FUNGIZIDEN WIRKUNG GERINGER AETHYLENOXYD-GASKONZENTRATIONEN

Wir haben bereits herausgestellt, dass Aethylenoxydgas in einer Konzentration von nur 100 mg/l an Gummi zwar Hautpilze aber keine Schimmelpilze abtötet. Ebenso ist eine Abtötung von Pilzen durch ein derartiges Gas dann nicht sicher mehr möglich, wenn die Pilze mit Salzen inkrustiert am Material haften. Blut und Serum dagegen hemmen in dünner Schichtdecke die fungizide Wirkung von gasförmigem Aethylenoxyd nicht, denn wir fanden, dass in Blut oder Serum suspendierte Pilze in gleicher Weise abgetötet wurden, wie solche, die mit Aqua dest. suspendiert, auf die Keimunterlagen aufgebracht worden waren. Diese Ergebnisse bedeuten, dass Aethylenoxyd-Kohlensäure-Gasgemische mit einem Gehalt an Aethylenoxyd von 10 - 15% zur Desinfektion von Leder- und Gummischuhen gegen Hautpilze brauchbar sind. Der Folienbeutel als improvisierte Gaskammer hat den Vorteil, dass sich eine Evakuierung vor der Gaseinfüllung erübrigt, denn es kann ohne Schwierigkeiten so viel Gas zusätzlich eingefüllt werden, dass eine Konzentration von 100 mg/l Aethylenoxyd resultiert.

Die Desinfektion von Bettzeug bei Staphylokokken-Hospitalismus, die von Lammers und Mitarbeitern durch Begasung von Kissen u.a. nach Verpackung in Folienbeutel angegeben wurde, bedeutet auch eine Befreiung des Materials von Schimmel-, Spross- und Hautpilzen.

Da die begasten Beutel nur weitgehend dicht für Aethylenoxyd sind, empfiehlt es sich, sie in Räumen zu lagern, die ständig durchlüftet werden. Dann erübrigt sich jede weitere Vorsichtsmassnahme. Hautreaktionen sind nach Begasung mit dem niedrig konzentrierten Aethylenoxyd nicht zu befürchten. Eine Ausnahme könnten Gummischuhe sein, die nach der Begasung einige Stunden belüftet werden müssen, damit das Aethylenoxyd aus dem Gummi entweichen kann.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Es war zu prüfen, ob durch gasförmiges Aethylenoxyd in Konzentration von etwa 100 mg/l Pilze abgetötet werden. Derartige Konzentrationen resultieren, wenn infizierte Materialien in gasdichten Folienbeuteln verpackt mit nicht brennbaren Aethylenoxyd-Kohlensäure-Gasgemischen begast werden.

Es zeigte sich, dass am Polstermaterial (Seegras und Rosshaar), ferner an Geweben aus Nylon, Wolle und Baumwolle Pilze durch das niedrig konzentrierte

Aethylenoxyd innerhalb von 24 - 48 Stunden absterben. Die Desinfektion von Bettzeug bei Staphylokokken-Hospitalismus nach Verpackung in Folienbeuteln durch Begasung mit nicht brennbaren Aethylenoxyd-Kohlensäure-Gasgemischen bedeutet also auch eine Abtötung der im Material haftenden Pilze.

Bei Fusspilzkrankungen können Schuhe und Strümpfe in der gleichen Weise von Hautpilzen befreit werden, während an Gummischuhen haftende Schimmelpilze nicht abgetötet werden.

Als Vorsichtsmassnahme empfiehlt es sich, die mit dem Gas gefüllten Folienbeutel in gut belüfteten Räumen zu lagern.

VII. SCHRIFTTUM

- 1) Beard, H. C. and R. B. Dunmire:
Retention of Ethylene Oxide Fumigant by Shoes.
Am. Med. Ass. Arch. Ind. Health,
15: 167 - 169 (1957)
- 2) Benedek, T. in:
Die Infektionskrankheiten des Menschen und ihre Erreger von
A. Grumbach und W. Kikuth
S. 1482, Gg. Thieme Verlag Stuttgart 1958
- 3) Cantzler, A.:
Gefahren beim Arbeiten mit
Aethylenoxyd und deren Verhütung.
Chemie - Ing. - Techn., 29: 291-293 (1957)
- 4) Coretti, K.:
Kaltentkeimung von Gewürzen mit Aethylenoxyd.
Fleischwirtschaft, 9: 183-191 (1957)
- 5) Flury, F. und F. Zernik:
Schädliche Gase. Berlin 1931
- 6) Friedl, J. L.; Ortenzio, L. and Stuart, L. S.:
The sporocidal activity of ethylene oxide measured by the
A.O.A.C. sporocide test.
J. Ass. Off. Agric. Chem., 39: 480-483 (1956)
- 7) Kaye, S.; Irminger, H. F. and C. R. Phillips:
The Sterilization of Penicillin and Streptomycin by Ethylene
Oxide.
J. Lab. Clin. Med. 40: 67-72 (1952)
- 8) Kelch, F. und Coretti, K.:
Über die Anwendungsmöglichkeit von Aethylenoxyd in bak-

teriologischen Instituten.

Fleischwirtschaft 11: 833-837 (1959)

9) Lammers, Th.:

Zur Hygiene des Krankenbettes.

Der Krankenhausarzt 27: 6 (1954)

10) Lammers, Th.:

Desinfektion und Sterilisation durch Aethylenoxyd.

Desinfektion und Gesundheitswesen 51: 146-148 (1959)

11) Lammers, Th. und Gewalt, R.:

Ein neues Sterilisationsverfahren mit gespanntem Aethylenoxyd.

Zs. Hygiene 144: 350-358 (1958)

12) Lammers, Th.; Day, H.; Körnlein, M. und Seibel, M:

Neuartige Aethylenoxyd-Desinfektion bei Staphylokokkenhospitalismus.

Zs. Hygiene 146: 236-243 (1960)

13) Mayr, G. und Kaemmerer, H.:

Entkeimung von Trockeneipulver mit Aethylenoxyd.

Mitt. Versuchsstat. Gärungsgewerbe Wien, Nr. 1/2 (1957)

14) Mayr, G. und Kaemmerer, H.:

Fumigation with Ethylene Oxide.

Food Manufacture, April 1959

15) Negherbon, W.O.:

Handbook of Toxicology, Vol. III. Philadelphia 1959

16) Rauscher, H.:

Ethyleneoxide for Cold Sterilization

Food Manufacture, 32: 169-172 (1957)

17) Reddish, G.F.:

Antiseptics, Disinfectants,

Fungicides and Chemical and Physical Sterilization.

Philadelphia 1957

18) Schweizerische Unfallversicherungsanstalt:

Eigenschaften der gebräuchlichsten Lösungsmittel, Betriebsstoffe und Gase, nach Angaben der Eidgenöss. Materialprüfungs- und Versicherungsanstalt Zürich. Form. 1469, Luzern 1953

19) Sexton, R.J. and Henson, E.V.:

Dermatological injuries by Ethylene Oxide.

J. Ind. Hyg. Tox. 31: 297-300 (1949)

- 20) Stehle, R.L. ; Bourne, W. und Lozinsky, E. :
Über die pharmakologische Wirkung von Aethylenoxyd.
Arch. Exp. Path. Pharm. 104: 82-86 (1924)
- 21) Waite, C.P. ; Patty, F.A. and Yant, W.P. :
Acute Response of Guinea Pigs to Vapors of Some New
Commercial Organic Compounds.
Publ. Health, Rep. 45: 1832-1843 (1930)
- 22) Walker, W.J.G. and Greeson, C.E. :
The Toxicity of Ethylene Oxide.
J. Hyg. (Cambridge) 32: 409-416 (1932)

VIII. LEBENSLAUF

Am 4.9.1931 wurde ich als Sohn von Ghodratoolah Madjidi in Theran/Iran geboren. Nach 6-jährigem Besuch der Volksschule kam ich in die höhere Schule "Khaghani" in Teheran, wo ich 1950 die erste Reifeprüfung und 1951 die zweite Reifeprüfung ablegte.

Mein Studium der Medizin begann ich im Wintersemester 1951 an der Universität Mainz, bestand 1954 das Physikum mit der Note "sehr gut" und 1959 das Staatsexamen mit der Note "gut". Nach dem Staatsexamen war ich in der Chirurgie im Kreiskrankenhaus Gross-Umstadt als Volontär tätig.

Herrn Professor Dr. Th. L a m m e r s sage ich für die Überlassung
des Themas und für die wertvolle Hilfe bei der Durchführung der
Untersuchungen meinen ergebensten Dank.

